

IN THE UNITED STATES PATENT AND TRADEMARK OFFICE

Applicant(s): JIN, et al.
Serial No.: Not yet assigned
Filed: January 20, 2004
Title: MAP GENERATION DEVICE, MAP DELIVERY METHOD AND
MAP GENERATION PROGRAM
Group: Not yet assigned

LETTER CLAIMING RIGHT OF PRIORITY

Commissioner for Patents
P.O. Box 1450
Alexandria, VA 22313-1450

January 20, 2004

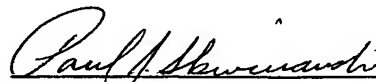
Sir:

Under the provisions of 35 USC 119 and 37 CFR 1.55, the applicant(s) hereby claim(s) the right of priority based on Japanese Patent Application No.(s) 2003-140472, filed May 19, 2003.

A certified copy of said Japanese Application is attached.

Respectfully submitted,

ANTONELLI, TERRY, STOUT & KRAUS, LLP



Paul J. Skwierawski
Registration No. 32,173

PJS/alb
Attachment
(703) 312-6600

P-1263-05

日 本 国 特 許 庁
JAPAN PATENT OFFICE

別紙添付の書類に記載されている事項は下記の出願書類に記載されている事項と同一であることを証明する。

This is to certify that the annexed is a true copy of the following application as filed with this Office.

出 願 年 月 日
Date of Application: 2 0 0 3 年 5 月 1 9 日

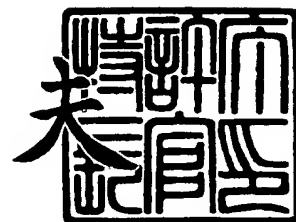
出 願 番 号
Application Number: 特 願 2 0 0 3 - 1 4 0 4 7 2
[ST. 10/C]: [J P 2 0 0 3 - 1 4 0 4 7 2]

出 願 人
Applicant(s): 株式会社日立製作所
日立ソフトウェアエンジニアリング株式会社

2 0 0 3 年 1 1 月 1 2 日

特許庁長官
Commissioner,
Japan Patent Office

今 井 康 夫



出証番号 出証特 2 0 0 3 - 3 0 9 3 5 5 4

【書類名】 特許願

【整理番号】 GM0303104

【提出日】 平成15年 5月19日

【あて先】 特許庁長官殿

【国際特許分類】 G01N 21/00

【発明者】

【住所又は居所】 東京都国分寺市東恋ヶ窪一丁目 2 8 0 番地 株式会社日立製作所 中央研究所内

【氏名】 金 浩民

【発明者】

【住所又は居所】 東京都国分寺市東恋ヶ窪一丁目 2 8 0 番地 株式会社日立製作所 中央研究所内

【氏名】 岩村 一昭

【発明者】

【住所又は居所】 東京都国分寺市東恋ヶ窪一丁目 2 8 0 番地 株式会社日立製作所 中央研究所内

【氏名】 石丸 伸裕

【発明者】

【住所又は居所】 東京都品川区東品川 4 丁目 1 2 番 7 号 日立ソフトウェアエンジニアリング株式会社内

【氏名】 樋野 隆司

【発明者】

【住所又は居所】 東京都品川区東品川 4 丁目 1 2 番 7 号 日立ソフトウェアエンジニアリング株式会社内

【氏名】 賀川 義昭

【特許出願人】

【識別番号】 000005108

【氏名又は名称】 株式会社日立製作所

【特許出願人】

【識別番号】 000233055

【氏名又は名称】 日立ソフトウェアエンジニアリング株式会社

【代理人】

【識別番号】 100075513

【弁理士】

【氏名又は名称】 後藤 政喜

【選任した代理人】

【識別番号】 100084537

【弁理士】

【氏名又は名称】 松田 嘉夫

【選任した代理人】

【識別番号】 100114236

【弁理士】

【氏名又は名称】 藤井 正弘

【手数料の表示】

【予納台帳番号】 019839

【納付金額】 21,000円

【提出物件の目録】

【物件名】 明細書 1

【物件名】 図面 1

【物件名】 要約書 1

【包括委任状番号】 0110326

【プルーフの要否】 要

【書類名】 明細書

【発明の名称】 地図作成装置、地図配信方法及び地図作成プログラム

【特許請求の範囲】

【請求項 1】

空中写真画像中に存在する建物中の少なくとも一点の位置の指示を受け付ける画像指示部と、

前記指示された位置の周囲の色を判定した結果に基づいて建物領域を抽出し、建物領域の輪郭線を抽出する輪郭抽出部と、

前記建物領域の輪郭のベクトルを生成するベクトル形状生成部と、を有することを特徴とする地図作成装置。

【請求項 2】

前記指示された位置の周囲の色を解析して照合基準色、判定閾値及び 1 回の領域探索参照範囲を決定する屋根色解析部を有し、

前記輪郭抽出部は、前記領域探索参照範囲の建物の屋根の色と前記照合基準色との類似度を判定した結果に基づいて建物領域画素を抽出し、前記抽出された建物領域画素の周囲の線分を建物領域の輪郭線として抽出することを特徴とする請求項 1 に記載の地図作成装置。

【請求項 3】

前記屋根色解析部は、前記指示された位置を含む所定の範囲から複数の画素を抽出し、当該複数の画素の色を統計的に解析した結果に基づいて照合基準色、判定閾値及び 1 回の領域探索参照範囲を決定することを特徴とする請求項 2 に記載の地図作成装置。

【請求項 4】

前記屋根色解析部は、前記指示された位置を含む所定の範囲から抽出された複数の画素の色の分散が大きければ、前記判定閾値の範囲を広くし、前記領域探索参照範囲を狭くすることを特徴とする請求項 3 に記載の地図作成装置。

【請求項 5】

前記輪郭抽出部は、隣接する画素との色の差が大きい画素を境界画素として抽出し、境界画素に基づいて境界線分を定め、前記抽出された建物領域を前記建物

領域に近接する前記境界線分まで拡張して、建物領域を補正することを特徴とする請求項 1 に記載の地図作成装置。

【請求項 6】

前記輪郭抽出部は、前記建物領域の輪郭線が所定の軸方向となるように、前記建物領域を回転させた後、前記輪郭線を平滑化することを特徴とする請求項 1 に記載の地図作成装置。

【請求項 7】

前記輪郭抽出部によって抽出された輪郭線が予め定められた所定の連結パターンに該当する場合に、前記輪郭線を直線又は所定の角度で交差する直線に補正する輪郭微調整部を有することを特徴とする請求項 1 に記載の地図作成装置。

【請求項 8】

建物屋根の線分が予め定められた所定の統合パターンに該当する場合に、当該線分を含むように建物領域を統合する構造解析・統合部を有することを特徴とする請求項 1 に記載の地図作成装置。

【請求項 9】

前記構造解析・統合部は、複数の入力された位置によって指示される建物領域を統合することを特徴とする請求項 1 に記載の地図作成装置。

【請求項 10】

前記空中写真画像中に存在する建物が該写真に斜めに写っている場合に、該建物の高さによる歪みを補正して、前記建物輪郭形状を地面上に射影する地上射影部を有することを特徴とする請求項 1 に記載の地図作成装置。

【請求項 11】

請求項 1 から 10 に記載の地図作成装置によって作成された地図と画像とを対応付けて当該地図を配信することを特徴とする地図配信方法。

【請求項 12】

空中写真画像中に存在する建物中の少なくとも一点の位置の指示を受け付ける手順と、

前記指示された位置の周囲の色を判定した結果に基づいて建物領域を抽出し、建物領域の輪郭線を抽出する手順と、

前記建物領域の輪郭のベクトルを生成する手順と、を含む地図作成方法をコンピュータに実行させるためのプログラム。

【請求項 13】

請求項 12 に記載のプログラムであって、

前記指示された位置の周囲の色を解析して照合基準色、判定閾値及び 1 回の領域探索参照範囲を決定する手順と、

前記輪郭抽出部は、前記領域探索参照範囲の建物の屋根の色と前記照合基準色との類似度を判定した結果に基づいて建物領域画素を抽出する手順と、

前記抽出された建物領域画素の周囲の線分を建物領域の輪郭線として抽出する手順と、を含む地図作成方法をコンピュータに実行させるためのプログラム。

【請求項 14】

請求項 12 に記載のプログラムであって、

隣接する画素との色の差が大きい画素を境界画素として抽出し、境界画素に基づいて境界線分を定める手順と、

前記抽出された建物領域を前記建物領域に近接する前記境界線分まで拡張して、建物領域を補正する手順と、を含む地図作成方法をコンピュータに実行させるためのプログラム。

【請求項 15】

請求項 12 に記載のプログラムであって、

前記建物領域の輪郭線が所定の軸方向となるように、前記建物領域を回転させる手順と、

前記回転の後、前記輪郭線を平滑化する手順と、を含む地図作成方法をコンピュータに実行させるためのプログラム。

【請求項 16】

請求項 12 に記載のプログラムであって、

前記抽出された輪郭線が予め定められた所定の連結パターンに該当する場合に、前記輪郭線を直線又は所定の角度で交差する直線に補正する手順を含む地図作成方法をコンピュータに実行させるためのプログラム。

【請求項 17】

請求項 12 に記載のプログラムであって、
建物屋根の線分が予め定められた所定の統合パターンに該当する場合に、当該線分を含むように建物領域を統合する手順と、
複数の入力された位置によって指示される建物領域を統合する手順とを含む地図作成方法をコンピュータに実行させるためのプログラム。

【請求項 18】

請求項 12 に記載のプログラムであって、
前記空中写真画像中に存在する建物が該写真に斜めに写っている場合に、該建物の高さによる歪みを補正して、前記建物輪郭形状を地面上に射影する手順を含む地図作成方法をコンピュータに実行させるためのプログラム。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明が属する技術分野】

本発明は、空中写真（衛星写真、航空写真）画像から建物屋根の輪郭を抽出して、地図を作成する地図作成装置に関する。

【0002】

【従来の技術】

空中写真画像から地図を作成する方法として、解析図化機を用いて手動で画像中の建物の輪郭をなぞる方式や、画像から建物を自動的に抽出する方式がある。

【0003】

解析図化機を用いる方式では、視差をつけて撮影された 2 枚の画像を評定して位置合せをすることによって、ステレオ画像を生成し、操作者のハンドル操作によって建物輪郭形状を抽出していた（例えば、非特許文献 1 参照。）。

【0004】

また、建物輪郭形状の自動抽出では、単眼による画像と、画像の撮影位置や角度、太陽の方向などの情報を用いて、境界画像として抽出された線分情報の直線性と位置関係によって矩形屋根や壁、影などの領域を抽出し、建物の存在を判定している。例えば、撮影位置や角度、太陽の方向などに関する情報を既知の条件として付与し、境界画像から定めた線分情報によって建物の構成を仮に定めて矩

形の屋根形状を抽出する方法が提案されている（例えば、非特許文献2参照。）
。また、太陽の方向とカメラの撮影姿勢に関する情報を既知の条件として付与し、屋根、壁、影に関する線分情報の局所特性、相対位置関係などを判定して立体による矩形建物情報を抽出する方法が提案されている（例えば、非特許文献3）
。

【0005】

【非特許文献1】

木本氏寿, 「写真測量の実際」, 山海堂, p. 93-97

【非特許文献2】

C.O.Jaynes、他2名, 「Task Driven Perceptual Organization for Extraction of Rooftop Polygons」, Proceedings of ARPA Image Understanding workshop, 1994年, p. 152-159

【非特許文献3】

C.Lin、他1名, 「Building Detection and Description from a Single Intensity Image」, Computer Vision and Image Understanding, Vol.72, No.2, 1989年11月, p. 101-121

【0006】

【発明が解決しようとする課題】

前述した従来の図化機を用いる地図作成では、操作者の操作によって建物輪郭形状を抽出するため、正確に建物の輪郭をなぞることが困難であった。また、前述した従来の建物領域の自動抽出では、建物屋根が平坦である場合等、単純な構造の屋根形状の建物についてのみ適用可能であり、切妻屋根のような屋根への太陽光の当たり方が異なることによって濃淡が表れる場合や、屋上に排気塔のような構造物を有する場合に建物領域を抽出することができなかった。

【0007】

本発明は、（1）広域の画像からの建物輪郭形状を抽出し、（2）操作者の操作を少なくすることによって効率的に地図を作成し、（3）切妻屋根や排気塔のような複雑な上部構造を持つ建物の輪郭形状を抽出することを目的とする。

【0008】

【課題を解決するための手段】

本発明の地図作成装置は、空中写真画像中に存在する建物中の少なくとも一点の位置の指示を受け付ける画像指示部と、前記指示された位置の周囲の色を判定した結果に基づいて建物領域を抽出し、建物領域の輪郭線を抽出する輪郭抽出部と、前記建物領域の輪郭のベクトルを生成するベクトル形状生成部と、を有する。

【0009】**【発明の作用及び効果】**

本発明によると、予め建物領域を指定した位置で建物輪郭形状抽出を行うので、広域の建物輪郭形状を抽出することができる。また、建物屋根を指定することによって、建物屋根の判定処理範囲を限定することができ、建物全体の輪郭形状を抽出することができる。

【0010】

これにより、地図作成が容易になり、短時間かつ低費用な地図作成を実現することができる。

【0011】**【発明の実施の形態】**

本発明に示す地図作成装置では、オルソ画像、ステレオ画像だけでなく、単眼視画像を用いた地図作成を対象とする。また、カラー画像だけでなく、白黒画像からも地図を作成する。そして手動による作図や全自動認識ではなく、図1に示すように、建物屋根を画像上で指定することによって建物屋根の判定処理範囲を限定し、指定位置を含む建物領域の輪郭形状を抽出し、建物輪郭形状を地面に射影して地図の図形を得る。

【0012】

図2は、本発明の実施の形態の地図作成装置の機能ブロック図である。

【0013】

本発明の実施の形態の地図作成装置は、制御部201、画像指示部202、屋根色解析部203、輪郭抽出部204、輪郭微調整部205、一時的格納部206、一時的データベース207、構造解析・統合部208、地上射影部209、

ベクトル形状生成部 210、建物輪郭線格納部 211、ベクトル地図データベース 212 及び修正入力部 213 によって構成される。

【0014】

制御部 201 は、本実施の形態の地図作成装置を統括して、建物輪郭形状抽出処理における各部の動作を制御する。すなわち、建物輪郭形状の抽出の過程で次に起動すべき機能を決定する。具体的には、画像入力や建物輪郭形状抽出の開始、終了、結果削除、結果蓄積、建物構造統合などに関する指示を受け、建物輪郭形状抽出の処理の実行状況を監視し、次に起動すべき機能を決定する。

【0015】

画像指示部 202 は、建物輪郭の抽出対象となる空中写真画像中で、輪郭を抽出すべき建物上の位置の少なくとも一点の指定を受け付ける。

【0016】

屋根色解析部 203 は、画像指示部 202 によって入力指示が受け付けられた位置周辺の色彩や模様（テクスチャ）の特徴を解析することによって、照合基準色、建物領域判定閾値及び 1 回の領域探索の参照範囲を決定する。

【0017】

輪郭抽出部 204 は、屋根色解析部 203 によって決定された領域探索参照範囲において、屋根色解析部 203 で決定された照合基準色との類似度（例えば、輝度の類似度）を判定し、照合基準色と類似する建物領域画素を抽出する。そして、抽出した建物領域周辺の境界線情報を用いて建物領域範囲を補正し、建物領域の傾き方向に沿って建物領域の境界線を用いて輪郭線を抽出する。

【0018】

輪郭微調整部 205 は、輪郭抽出部 204 で抽出された輪郭線を連結パターンを用いて建物領域の輪郭線を補正し、複数の建物領域の境界線情報を用いて輪郭線の位置を調整する。

【0019】

一時的格納部 206 は、輪郭微調整部 205 で調整された建物輪郭形状の中間結果データを一時的に保存する。

【0020】

一時的データベース 207 は、建物輪郭形状の中間結果データを蓄積する。

【0021】

構造解析・統合部 208 は、切妻屋根を持つ建物のように屋根の色彩や構造が異なる場合、建物構造知識に基づいて建物領域を推定し、建物領域を統合する。また、一回の指定では全輪郭線を抽出できない場合には、複数の位置を指定することによって指定された建物領域を統合する。

【0022】

地上射影部 209 は、抽出された建物輪郭形状を地上の図形に変換するために、建物の垂直方向の輪郭線（稜線）を用いて建物領域の輪郭線を地上に射影する。

【0023】

ベクトル形状生成部 210 は、地上射影部 209 において得られた建物領域の輪郭線からベクトルによる建物輪郭形状を生成する。

【0024】

建物輪郭線格納部 211 は、最終的に生成された建物領域の輪郭線のベクトル情報を保存する。

【0025】

ベクトル地図データベース 212 は、画像から取得したベクトル地図情報を蓄積する。

【0026】

修正入力部 213 は、生成されたベクトル地図情報に対する操作者による修正を受け付ける。

【0027】

図3は、建物の特徴の分類を説明する図である。

【0028】

建物は、その上部構造（屋根）が単一色（単一輝度）有するもの 301 と、複数の色の組み合わせ（複合的な色の組み合わせ）を有するもの 302～305 に分類することができる。複数の色の組み合わせを有する建物は、屋根の一部が変色している（例えば、風雨にさらされた変色部分が現れている等）建物 302、

屋根の構造が複合的であるために複数の色となっている建物 303～305 に分類することができる。構造が複合的な建物については、屋上面（屋根）が平面でないことによって日光の照射角度が異なり、明度が異なる部分を有する建物 303、排気塔や出窓などのように小規模な構造物が屋根面に設けられている建物 304、又は、屋根面が複合的な構造物で構成される建物 305 に分類することができる。

【0029】

この建物の屋根の特徴は、白黒写真の場合は輝度で判断可能であるが、カラー写真の場合は屋根の色で判断する必要がある。この場合、光の三原色（赤、緑、青）の各々について輝度を求めて判定する。すなわち、輝度によって色を判定する。また、後述する照合用基準色も三原色の各々の輝度で規定される。

【0030】

図4は、本発明の実施の形態の建物輪郭形状を抽出する処理のフローチャートである。

【0031】

まず、操作者による、建物輪郭形状の抽出対象となる空中写真画像中の建物の位置の指定を受け付ける（ステップ401）なお、この建物上の位置の指定は建物上の一点を指定するとしても、ある広がりを持った領域を指定するとしてもよい。次に、指定された建物の屋根の輝度又は模様（テクスチャ）を解析し、建物屋根の輝度の解析結果に基づいて照合基準画素を抽出して照合基準色、照合の判定閾値及び1回の領域探索の参照範囲を決定する（ステップ402）。

【0032】

そして、領域探索参照範囲内の画素が、ステップ402で定めた照合基準色に対して閾値の範囲内にあるかを判定して、建物の屋根の輪郭形状を抽出する（ステップ403）。

【0033】

次に、輪郭形状の微調整処理を行う（ステップ404）。この輪郭形状の微調整処理では、ステップ403で抽出した輪郭線を所定の連結パターンと照合して建物輪郭形状を補正し、さらに、建物領域の境界線を用いて輪郭線の位置を調整

する。

【0034】

次に、構造解析・統合処理を行う（ステップ405）。この構造解析・統合処理では、建物屋根の構造を解析し、屋根の広がり認識する。ここでは屋根の構造知識に基づいて建物屋根の構造を推定し、建物領域を推定し、これらを統合する。また、一回の指定では全建物領域を抽出できない場合、複数の位置の指定を受け付けることによって、複数の建物領域を抽出し、抽出された建物領域を統合する。

【0035】

次に、輪郭形状を地上に射影する処理を行う（ステップ406）。ステップ405までの処理で抽出された建物領域の輪郭線は地上のものとは限らない。元となる空中写真の周辺部においては、高層建物が斜め方向から撮影されることから、建物屋根を地上の図形に変換する必要がある。そのため、建物の垂直方向の輪郭線（稜線）を用いて建物領域の輪郭線を地上に射影する。

【0036】

次に、図4に示した建物輪郭形状抽出処理の詳細について説明する。

【0037】

図5は、建物屋根テクスチャ解析処理（図4のステップ402）のフローチャートである。

【0038】

具体的には、まず、指定位置周辺の画素輝度分散値を算出する（ステップ501）。この画素輝度分散値算出処理では、ステップ401で指定された位置を中心として予め定めた範囲（例えば、10ドット×10ドット）の中に含まれる画素を抽出し、抽出された画素の輝度の分散値を計算する。

【0039】

次に、照合用画素を選択する（ステップ502）。この照合用画素選択処理では、ステップ401で求めた指定位置周辺の画素の輝度分散値と予め定めた閾値との比較結果に基づいて、建物領域抽出の照合基準色を定めるための画素を選択する。すなわち、輝度分散値が予め定めた閾値より大きければ、指定位置周辺の

輝度のばらつきが大きいことから、以下に説明する分散によって判定閾値を定める方法では判定閾値が大きくなりすぎて、正確な建物領域の抽出が困難になることから、指定位置だけを照合用画素として選択する。

【0040】

一方、輝度分散値がこの閾値以下であれば、指定位置を中心として予め定めた範囲から所定数の照合用画素を選択する。この予め定めた範囲は、照合に用いるためある程度の広さが必要であることから、15ドット×15ドット程度の範囲を設定するとよい。この照合用画素の選択を図6に示す。指定位置を予め定めた範囲の中心とし、指定位置から予め定めた範囲の対角方向で最も離れた位置（例えば、予め定めた範囲が四角形であれば頂点位置）を照合用画素として選択する（図中●で示す）。

【0041】

さらに、既に定まった5個の照合用画素位置（指定位置を含む）から離れた位置を照合用画素として選択する。例えば、指定位置を通る縦横方向において予め定めた範囲の境界と指定位置の間の位置を照合用画素として選択する（図中○で示す）。これにより、指定位置を含め9個の照合用画素を選択することができる。

【0042】

次に、照合基準色（輝度）を算出する（ステップ503）。照合基準色算出処理では、ステップ502で選択した照合用画素毎に、該照合用画素を中心とした予め定められた領域に含まれる画素の色（輝度）の平均値を計算する。この予め定められた領域は、輝度平均を計算し、ノイズを低減するために、照合用画素を中心とした近傍領域（例えば、3ドット×3ドット）の情報をを用いるとよい。

【0043】

次に、建物領域の判定閾値と建物領域探索の1回の参照範囲を選択する（ステップ504）。建物領域判定閾値・領域探索参照範囲選択処理では、まず、ステップ501で求めた色（輝度）分散値に基づいて建物領域の判定閾値を決定する。具体的には、輝度分散値をいくつかの範囲に区分して判定閾値を記憶した対応表を参照して、輝度分散値に基づいて建物領域判定閾値を決定する。この対応表

には、輝度分散値が大きければ（色が分散していれば）、広い範囲が建物領域に含まれるように判定閾値を定めるように判定閾値が記憶されている。なお、輝度分散値を所定の関数（例えば、輝度分散値に所定の値を乗算する一次関数）を用いて演算することによって建物領域判定閾値を決定してもよい。

【0044】

建物領域探索の1回の参照範囲は、ステップ501で求めた色（輝度）分散値に基づいて決定される。この参照範囲は、輝度分散値が小さければ広い範囲の周辺画素を参照し、輝度分散値が大きければ狭い範囲の周辺画素を参照するように設定される。具体的には、輝度分散値の段階に対応させて参照範囲を記憶した対応表を参照して、輝度分散値に基づいて建物領域探索参照範囲を決定する。なお、輝度分散値を所定の関数（例えば、輝度分散値に所定の値を乗算する一次関数）を用いて演算することによって建物領域探索参照範囲を決定してもよい。

【0045】

このように、建物屋根テクスチャ解析処理（図5）では、で指定された位置に隣接する所定の範囲中で画像の色又は模様（テクスチャ）の特徴を解析し（ステップ401）、建物屋根テクスチャの解析結果に基づいて、領域抽出用のパラメータとして照合基準色、照合の判定閾値及び1回の領域探索参照範囲を決定するので、建物屋根の色が均一である場合でも、場所によって色が変化する場合でも、適切な領域抽出用パラメータを決定することができる。

【0046】

図7は、輪郭形状の抽出処理（図4のステップ403）のフローチャートである。

【0047】

建物領域の輪郭線の抽出は、建物領域抽出（ステップ701～706）と、領域輪郭線抽出（ステップ707～708）の二段階に分けられる。

【0048】

建物領域抽出処理では、ステップ503で求めた照合基準色（輝度）及びステップ504で求めた領域抽出用パラメータ（建物領域判定閾値、建物領域探索参照範囲）を用いて建物領域を抽出する。この場合、以下の四つの規則に従って指

定位置の周辺の画素を参照して建物領域を探索する。

(1) 既に抽出された建物領域の周辺の探索参照範囲の中で建物領域となる画素を抽出する。

(2) 画素の色(輝度)は、照合用画素との比較だけでなく、既に抽出された建物領域中の近傍の画素とも比較して、その色(輝度)の変化量を判定することによって、参照中の画素が建物領域に属するか否かを判定する。

(3) 既に抽出された建物領域と参照範囲との画素の色(輝度)が急激に変化する場合には、建物の境界部分に到達したと判定し探索を中止する。また、抽出された建物境界線を越えて建物領域を抽出しない。

(4) 既に抽出された建物領域と建物領域周辺の線分情報を用いて、建物領域のを補正する。

【0049】

また、本実施の形態の輪郭線抽出では、建物領域の輪郭の頂点を抽出し、輪郭をトレースすることによって、閉じた輪郭形状を抽出する。

【0050】

具体的には、まず、境界画像を算出する(ステップ701)。この境界画像算出処理では、すべての画素について、隣接画素との方向及び色(輝度)の変化を求める。そして、色の変化が最大となる方向から各画素の色勾配が急な方向を求める。この色勾配の方向は、例えば南北方向を基準軸として(南北方向を 0° 、東西方向を 90° として)、 $0^{\circ} \sim 180^{\circ}$ の範囲で表される。また、色(輝度)は、8ビットでデジタル化されており、その変化値を $0 \sim 255$ の256段階で表す。そして、予め定められた閾値より大きい色の変化値を持つ画素を検出して境界画素として利用する。

【0051】

次に、類似する色(輝度)の画素を抽出する(ステップ702)。この類似色画素抽出処理では、ステップ503で求めた照合基準色(輝度)に近い色(輝度)の画素を抽出する。ここでは、既に抽出された建物領域の画素を中心に予め定めた範囲に含まれる境界画像の画素数が、予め定めた閾値より少ない場合に建物領域の候補とする。一方、既に抽出された建物領域の画素を中心に予め定めた範

囲に含まれる境界画像の画素数が予め定められた閾値より多い場合には、抽出された画素は境界の近くにあると判定されるので、建物領域の候補としない。そして、最初を選択された照合用画素を建物領域の代表画素とする。

【0052】

そして、ステップ502で指定位置だけが照合用画素として選択された場合（選択された照合用画素が1個のみの場合）、照合用画素の色（輝度）と候補画素の色（輝度）との差を、ユークリッド距離を用いて計算する。そして、この輝度差と建物領域判定閾値との比較結果に基づいて、当該候補画素を建物領域の画素とするか否かを決定する。より具体的には、この輝度差（ユークリッド距離）が建物領域判定閾値より小さい場合には、当該候補画素を建物領域の画素とする。

【0053】

一方、照合用画素が9個選択された場合には、数式1に示すように、9個の照合用画素の輝度差をユークリッド距離を用いて計算し、9個の照合用画素の中で、候補画素の色（輝度）との輝度差（ユークリッド距離）が建物領域判定閾値より小さい画素が2個以上（ $CM(i, j) \geq 2$ ）であれば、候補画素を建物領域画素として抽出する。

【0054】

【数1】

$$CM(i, j) = \sum_{n=1}^9 f \left(\sqrt{\sum_{m=R, G, B} (PC^{i,j}(m) - PC_n^S(m))^2} < TH \right)$$

【0055】

数式1において、 $CM(i, j)$ は、画素 (i, j) の色の一致度が建物領域の判定閾値より小さい照合用画素数である。

【0056】

【数 2】

$$\begin{cases} f(x) = 1 & \text{if } x = \text{true} \\ f(x) = 0 & \text{if } x = \text{false} \end{cases}$$

【0057】

$f(x)$ は、条件 x の真偽を判定する関数であり、 x が真のときは 1 を、 x が偽のときは 0 を返す。TH は建物領域判定閾値である。

【0058】

【数 3】

$$PC^{ij}(m)$$

【0059】

また、数式 3 は画素 (i, j) の色（輝度）値（ $m = R, G, B$ ）である。

【0060】

【数 4】

$$PC_n^s(m)$$

【0061】

また、数式 4 は照合基準色（輝度）（ $m = R, G, B$ ）である。

【0062】

また、候補画素と照合用画素との比較照合だけでなく、候補画素周辺の領域探索参照範囲の画素とも比較照合する。すなわち、候補画素の輝度と領域探索参照範囲にある画素の輝度との差を、ユークリッド距離を用いて算出する。そして、この距離と建物領域判定閾値との比較結果に基づいて、当該候補画素を建物領域の画素とするか否かを決定する。具体的には、輝度差（ユークリッド距離）が建物領域判定閾値より小さい場合には、候補画素を建物領域画素とし、輝度差が建物領域判定閾値以上の場合には、建物領域から外れたと判定し、候補画素を建物領域画素としない。

【0063】

このようにステップ 702 の処理を繰り返すことによって、図 8 に示すように、既に抽出された建物領域（指定位置）から、建物領域の範囲を周囲に拡大することによって建物領域を抽出する。

【0064】

次に、建物領域を補正する（ステップ 703）。この建物領域補正処理では、建物領域の抽出精度を向上させるために、ステップ 701 で算出した境界画像の情報を用いて建物領域を補正する。すなわち、建物領域の境界画像のエッジ情報を用いて、同じ色勾配の方向を持つ画素をハフ変換によって連結して、色勾配の傾き方向と線分の端点を求める。その後、求めた線分情報を用いて建物領域を補正する。この補正では、図 9 に示すように、ステップ 702 で抽出された建物領域 601 を囲むように近接する線分 602 を選択して、建物領域を近接する線分まで拡張する。

【0065】

次に、建物領域の傾き方向を算出する（ステップ 704）。この領域傾き方向算出処理では、ステップ 703 で補正された建物領域の境界線のうち、一番長い境界線を選択して領域の傾き方向とする。

【0066】

次に、建物領域を回転する（ステップ 705）。この建物領域回転処理では、

ステップ704で求めた領域の傾き角度に対して、アフィン変換によって線形変換と平行移動をして、建物領域を回転する。建物領域は矩形又は矩形の組み合わせであることが多いため、境界線が軸方向に水平又は垂直になることによって輪郭抽出処理演算を簡素化し、演算速度を向上し、演算精度を高めることができる。

【0067】

次に、建物領域を平滑化する（ステップ706）。この領域平滑化処理（スムージング）では、図10に示すように、建物領域の境界の凸凹を削除して直線に修正する。また、領域内にある穴を充填して、建物領域を整形する。

【0068】

次に、建物領域の輪郭線を抽出する（ステップ707）。この輪郭線抽出処理では、まず、建物領域の境界の頂点位置を輪郭特徴点として検出する。次に、輪郭特徴点をたどる（トレースする）ことによって、輪郭線をベクトル情報として抽出する。

【0069】

次に、輪郭線を直線化する（ステップ708）。この輪郭線直線化処理では、複数の短線分で構成された輪郭線を一本の直線にする。例えば、ジグザグ状（階段状）に結合された短線分は一本の斜線に変換される。

【0070】

その後、ステップ705でなされたと逆方向に同一角度だけ建物領域の輪郭線のベクトル情報を回転して、建物領域を正規の方向に戻す。

【0071】

このように、建物領域抽出処理では、ステップ503～504で求めた領域抽出用パラメータを用いて、指定位置を含む建物領域抽出を行うので、建物屋根の色が均一である場合でも、場所によって色が変わる場合でも、適切に建物領域を抽出することができる。

【0072】

また、輪郭線抽出処理では、建物領域の輪郭の頂点の抽出し、輪郭をトレースすることによって、閉じた輪郭形状を抽出するので、建物領域の輪郭線のベクト

ル情報を得ることができる。

【0073】

図11は、輪郭形状の微調整（図4のステップ404）のフローチャートである。

【0074】

輪郭形状微調整処理では、建物輪郭形状の精度を更に向上させるために、多くの建物輪郭形状が直線で構成されていることに基づいて、建物領域の輪郭線を現実の建物領域の境界に整合するように調整する。輪郭形状の微調整として、輪郭形状補正（ステップ1101～1103）と、輪郭位置補正（ステップ1104～1106）を行う。

【0075】

まず、建物領域の輪郭線の長さや方向を算出する（ステップ1101）。この輪郭線算出処理では、各輪郭線の長さ及び各輪郭線と水平方向との角度を計算する。

【0076】

次に、輪郭形状を補正する（ステップ1102）。この輪郭形状補正処理では、図12に示すように、予め定められた補正パターンに該当する場合に輪郭線を補正する。例えば、長い線の間に短い線が存在する場合は、この複数の線は連続した直線であると判定して、短線を消去して、2本の長い線を接続する（図12のP1）。また、2本の線の交点付近に短い線が存在する場合は、この2本の線同士が交わっていると判定して、短線を消去して、2本の長い線を交差させる（図12のP2）。また、隣接する2本の直線が略直角の位置関係にある場合は（例えば、2本の直線が $85^{\circ} \sim 95^{\circ}$ で交差している場合は）、この2本の直線は直角で交差していると判定して、この2本の長い線によって直角を形成するように、両直線の交点を調整する（図12のP3）。また、隣接する2本の直線が $170^{\circ} \sim 190^{\circ}$ の間の角度で交わっている場合は、この2本の一本の線であると判定して、一本の直線に統合する（図12のP4）。

【0077】

そして、建物領域の輪郭線に所定のパターンに該当するものがないかを判定す

ることによって、全ての形状補正が終わったか否かを判定する（ステップ1103）。形状補正が終わっていないと判定されれば、ステップ1102に戻り、さらに輪郭形状補正処理を行う。

【0078】

一方、全ての形状補正が終わっていると判定されれば、ステップ1104へ進み、全ての建物領域の境界線の分布ヒストグラムを算出する。領域境界線分布ヒストグラム算出処理（ステップ1104）では、水平方向及び垂直方向に境界線を投影して、建物領域の境界線の分布ヒストグラムを計算する。このヒストグラムを抽出された全ての建物について計算し、これらについて累積演算をして統計的な処理をする。

【0079】

次に、境界線位置を検出する（ステップ1105）。この境界線位置検出処理では、ステップ1104で求めた水平方向及び垂直方向のそれぞれのヒストグラムから、輪郭線ヒストグラムのピーク位置を検出する。これらの縦横方向でそれぞれ求めたピーク位置によって画像上に格子（例えば、図13に示す1302、1303、1304、1305）を形成する。

【0080】

次に、輪郭線位置を調整する（ステップ1106）。この輪郭線位置調整処理では、水平方向及び垂直方向の輪郭線を、一番近い格子の位置に移動し、位置を調整した輪郭線が得られる。例えば、図13に示すように、縦横方向で検出されたヒストグラムのピーク位置の格子1302、1303、1304、1305を用いて、輪郭線1301の位置を移動して、位置が調整された輪郭線1306が得られる。

【0081】

このように、輪郭形状補正処理では、建物輪郭形状の特性に基づいて（すなわち、建物輪郭線の直線性や直交性を用いて）抽出した建物輪郭形状を補正することで、建物輪郭形状の精度を向上させることができる。また、輪郭位置補正では、建物輪郭は道路に沿った位置等の特定の位置に集まっている傾向があることから、建物輪郭形状を正しい位置に調整し、建物輪郭形状の位置精度を向上させるこ

とができる。

【0082】

図14は、建物領域の解析と統合（図4のステップ405）のフローチャートである。

【0083】

建物領域統合処理では、例えば、切妻屋根の建物のように、建物屋根が異なる傾斜面を有する場合に、太陽光線の当たり方によって屋根面の色（輝度）に違いが生じ、異なる建物領域として抽出されることがあるため、複数の建物領域を統合する必要がある。このため、抽出された建物領域の境界及び建物領域の内側に位置する線分に基づいて建物領域を統合する。

【0084】

まず、建物領域の境界及び建物領域の内側に位置する線分を検出する（ステップ1401）。線分抽出処理では、ステップ703で抽出された建物領域の境界及び建物領域の内側に位置する線分情報を利用して線分を検出する。

【0085】

次に、交差線分グループを検出する（ステップ1402）。線分グループ検出処理では、ステップ1401で抽出された線分のうち交差している線分を検出して、線分をグループ化する。そして、グループ化された線分の交差位置と交差角度を計算する。

【0086】

次に、線分交差形状パターンを判定する（ステップ1403）。線分交差形状パターン判定処理では、交差した線分の位置関係（交差位置、交差角度）が、図15、図16に示す予め定められた統合パターンに該当するか否かを判定する。具体的には、統合すべき建物上部構造を示す統合パターンとして、1本の線分が他の線分の端点と交わり、両線分が垂直に交差するT字パターン、2本の線分が交差するX字パターン、3本の線分が一点にて交差するY字パターン、2本の線分の一端が交わるV字パターン（V1、V2、V3の3種類）がある。

【0087】

次に、統合パターンの有無を判定する（ステップ1404）。統合形状パター

ン有無判定処理では、建物領域の境界又は建物領域の内側に存在する線分が、図 15 又は図 16 に示す統合パターンのいずれかに該当するか否かを判定する。そして、統合パターン T、X、Y、V1、V2、V3 のいずれかに該当する線分が存在すれば、ステップ 1405 の処理へ進み、統合パターンのいずれに該当する線分も存在しなければ建物構造統合処理を終了する。

【0088】

次に、建物領域を推定する（ステップ 1405）。建物領域推定処理では、線分が図 15 に示す統合パターン T、X 又は Y に該当すれば、線分の交点を通り、線分のモーメントが最小となる軸を求める。そして、この軸方向を基準として、交差パターンを構成する線分を包含する最小の矩形範囲を算出する。また、線分が図 16 に示す線分パターン V1 又は V3 に該当すれば、最も長い線分の方角を基準として、交差パターンを構成する線分を包含する最小の矩形範囲を算出し、建物領域とする。また、線分が図 16 に示す線分パターン V2 に該当すれば、最も長い線分の方角に垂直な線分を中心軸として、建物範囲が反対側にも存在すると推定し、建物領域とする。

【0089】

次に、建物領域を統合する（ステップ 1406）。建物領域統合処理では、推定された建物領域を元の建物領域に加えた、新しい建物領域を生成する。そして、ステップ 1401 に戻り、新たな建物領域について、線分の統合パターンを検出する。

【0090】

そして、建物構造統合処理が終了すれば、ステップ 402 へ戻って、新たに統合された建物領域から輪郭形状を抽出する（ステップ 403）。一方、統合すべき建物領域がなければ、輪郭形状地上投影処理（ステップ 406）に進む。

【0091】

また、図 15、図 16 に示す統合パターンを用いても統合できない建物に対しては、操作者が一つの建物を構成する建物領域を指定することによって建物領域を統合する。

【0092】

このように建物領域統合処理では、建物の構造知識に従って定められた所定の統合パターンと抽出された建物領域の線分との比較結果に基づいて、同一建物に含まれる複数の上部構造を認識・統合することができ、より複雑な上部構造を持つ建物を検出できる。

【0093】

図17は、輪郭形状の地上射影（図4のステップ406）のフローチャートである。

【0094】

輪郭形状地上射影処理では、まず、建物の壁面の角で構成される縦方向の線（稜線：図18の1802、1803、1804）を検出する（ステップ1701）。この稜線検出処理では、抽出された建物屋根の輪郭情報（図18の1801）に対して、前述したステップ703と同じ手法を用いて、輪郭形状の頂点周辺で、長さや傾き角度の差が予め定められた閾値より小さい稜線（図18の1802、1803、1804）を検出する。

【0095】

次に、建物屋根と地上との間の距離を算出する（ステップ1702）。この地上距離算出処理では、検出した稜線の長さの平均値を計算して、屋根と地上との間の距離とする。

【0096】

次に、屋根形状の縮小率を算出する（ステップ1703）。この縮小率計算処理では、屋根形状の隣接頂点周辺から延伸される稜線を選択して、両稜線の間位置する屋根形状の輪郭線を、屋根から地上まで、両稜線に沿って並行に移動させた場合の、線分の長さの縮小率を計算して、屋根形状の縮小率とする。

【0097】

次に、建物領域の輪郭形状を地上に射影する（ステップ1704）。この地上射影処理では、ステップ1702で求めた屋根と地上との間の距離、及び、ステップ1703で求めた縮小率を用いて、アフィン変換によって線形変換と平行移動をして、縮小した建物領域の輪郭形状を地上に射影して、地上の図形（図18の1805）が得られる。

【0098】

以上説明したように、輪郭形状地上射影処理では、建物の壁面の角で構成される縦方向の線（稜線）を用いて建物屋根輪郭線を地上に射影するので、撮影位置、建物の高さによって生じる歪みを地上の図形に変換することができる。

【0099】

次に、本発明の実施の形態の地図作成装置を利用した地図情報の伝送について説明する。図19に示すように、GISセンタ1903は利用者1904からの注文（地図代金）を受け取って、本発明の地図作成装置によって、画像プロバイダ1902から受け取った画像を用いて詳細な建物輪郭形状の地図を作成する。このとき、地図作成の元となった画像と地図とを対応付ける情報を付加する。具体的には、本願の1点の指定ステップにおいて指定された地図作成の元となった画像中の建物等の位置と該画像から作成された地図中の該建物等に同じ識別番号を付す等して、両者を対応付けておく。さらに、出来上がった地図データには各建物の屋根データ（建物の名前、住所、高さ等）を対応付けして記憶させておくこともできる。

【0100】

画像と地図を関連付けて利用者1904に提供する。

【図面の簡単な説明】**【図1】**

位置の指定による建物輪郭形状抽出と地図作成の説明図である。

【図2】

本発明の実施の形態の地図作成装置の機能ブロック図である。

【図3】

建物の特徴の分類の説明図である。

【図4】

本発明の実施の形態の建物輪郭形状抽出処理のフローチャートである。

【図5】

本発明の実施の形態の建物屋根テクスチャ解析処理のフローチャートである。

【図6】

本発明の実施の形態の照合用画素の選択の説明図である。

【図 7】

本発明の実施の形態の輪郭形状抽出処理のフローチャートである。

【図 8】

本発明の実施の形態の建物領域を抽出の説明図である。

【図 9】

本発明の実施の形態の建物領域範囲の補正の説明図である。

【図 1 0】

本発明の実施の形態の建物領域の平滑化処理の説明図である。

【図 1 1】

本発明の実施の形態の輪郭形状微調整処理のフローチャートである。

【図 1 2】

本発明の実施の形態の輪郭線の補正の説明図である。

【図 1 3】

本発明の実施の形態の輪郭線位置の調整の説明図である。

【図 1 4】

本発明の実施の形態の建物領域統合処理のフローチャートである。

【図 1 5】

本発明の実施の形態の建物領域統合パターンの説明図である。

【図 1 6】

本発明の実施の形態の建物領域統合パターンの説明図である。

【図 1 7】

本発明の実施の形態の輪郭形状地上射影処理のフローチャートである。

【図 1 8】

本発明の実施の形態の輪郭形状の地上射影の説明図である。

【図 1 9】

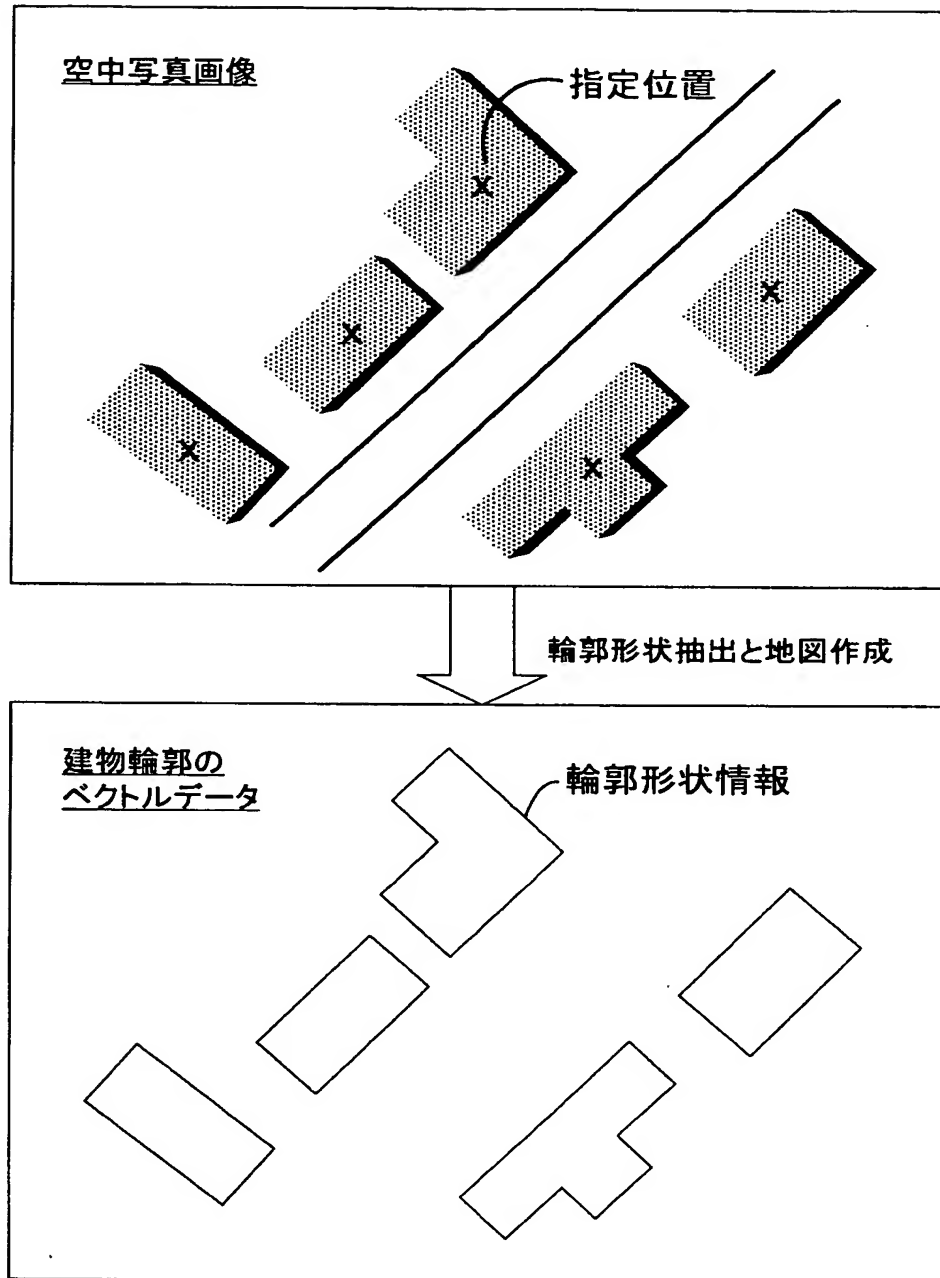
本発明の実施の形態の地図作成装置を利用した地図情報の伝送の説明図である。

【符号の説明】

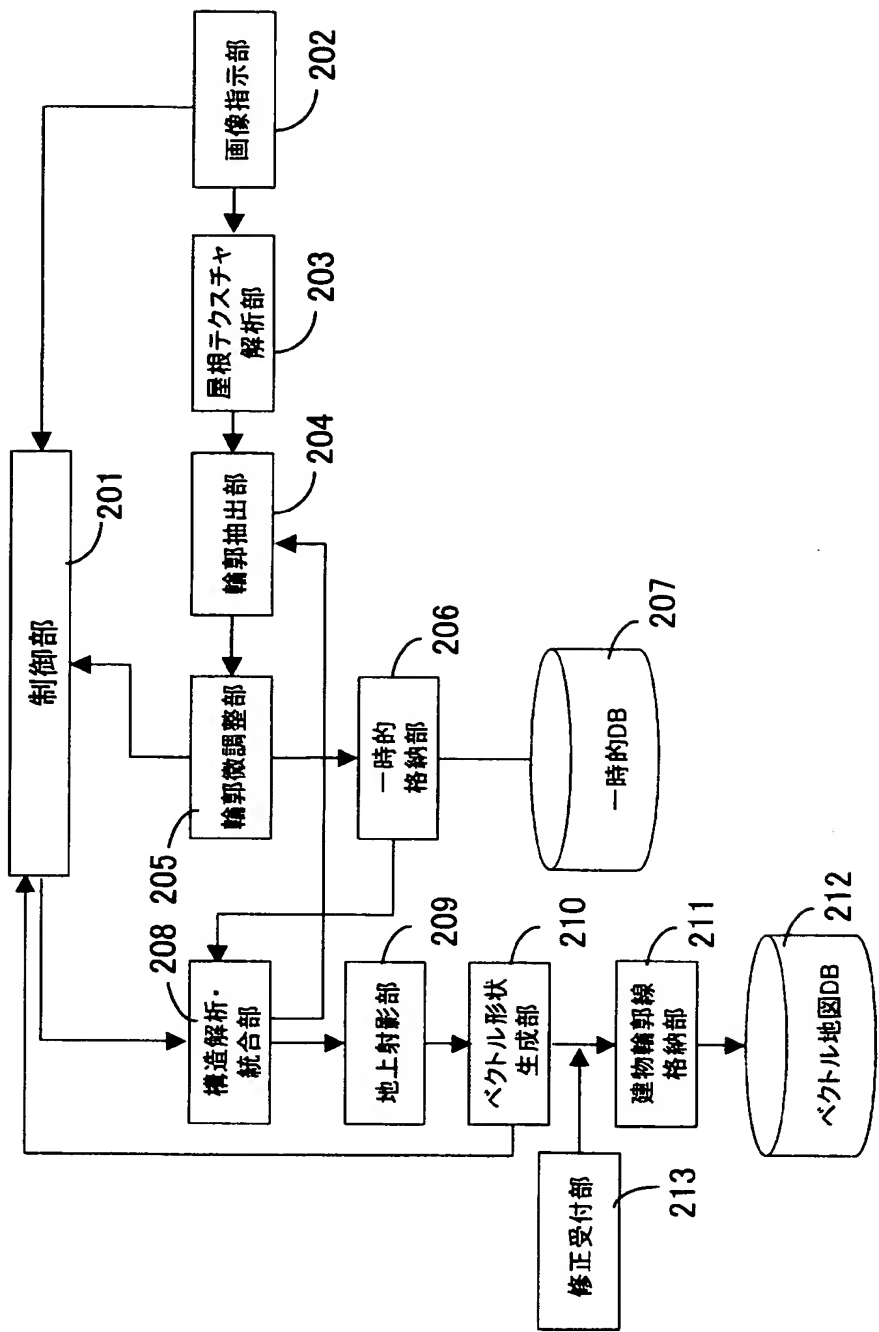
- 2 0 1 制御部
- 2 0 2 画像指示部
- 2 0 3 屋根色解析部
- 2 0 4 輪郭抽出部
- 2 0 5 輪郭微調整部
- 2 0 6 一時的格納部
- 2 0 7 一時的データベース
- 2 0 8 構造解析・統合部
- 2 0 9 地上射影部
- 2 1 0 ベクトル形状生成部
- 2 1 1 建物輪郭線格納部
- 2 1 2 ベクトル地図データベース。
- 2 1 3 修正入力部

【書類名】 図面

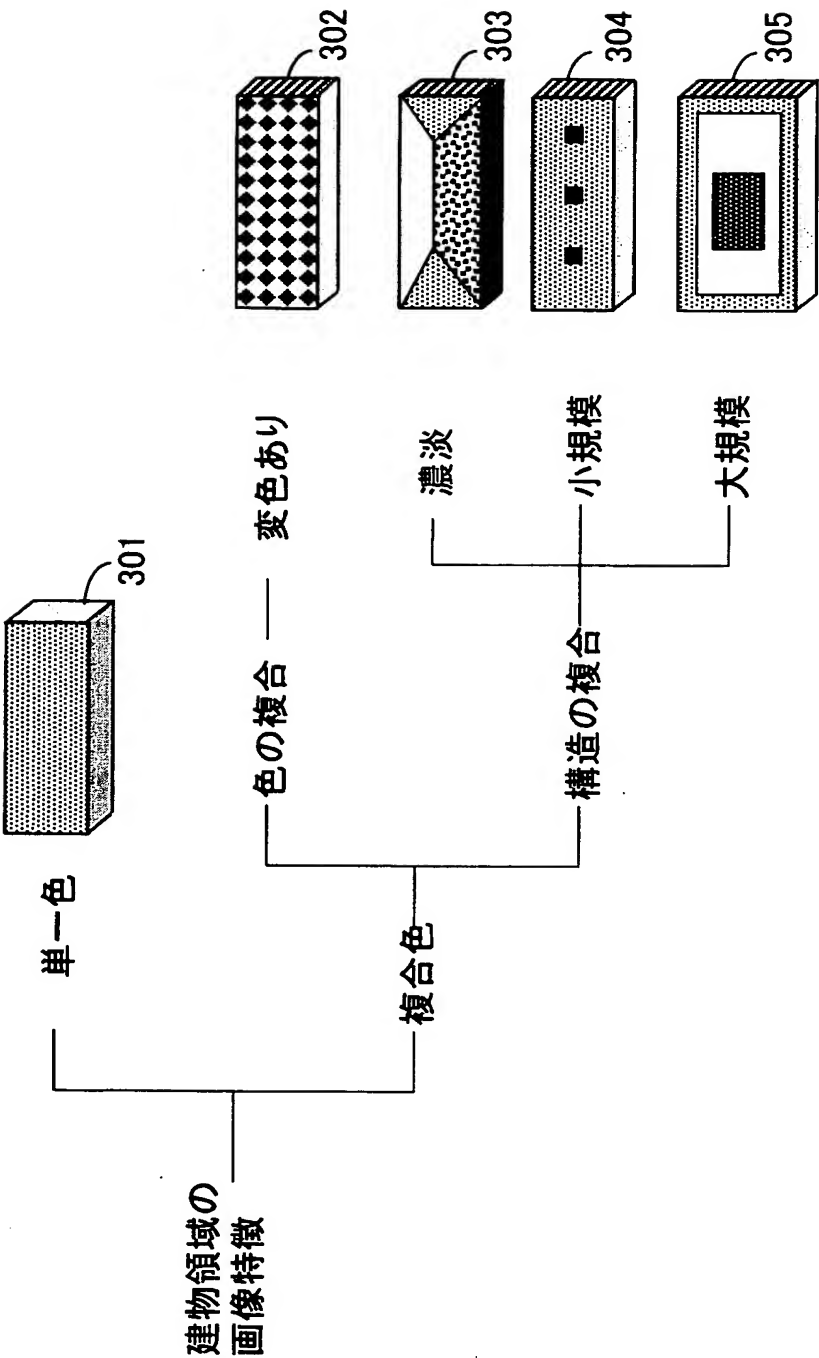
【図 1】



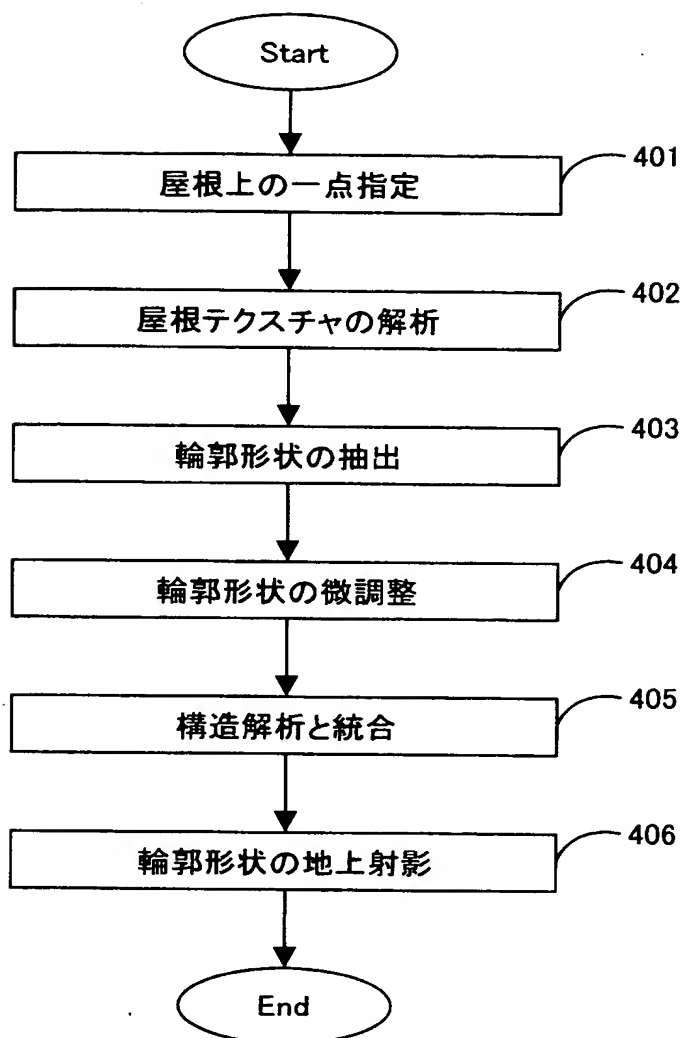
【図 2】



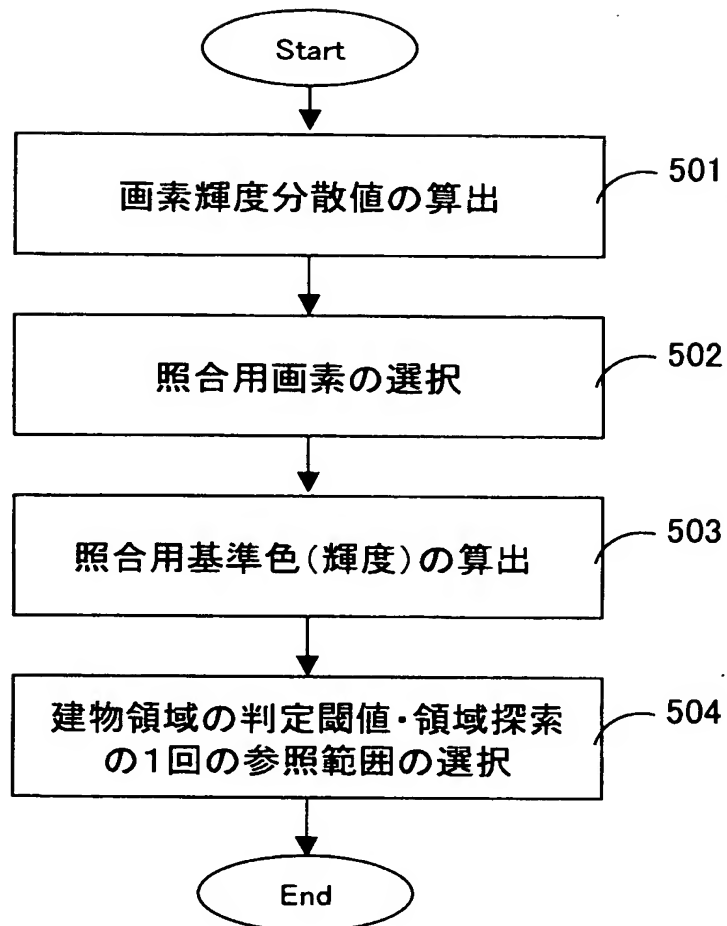
【図 3】



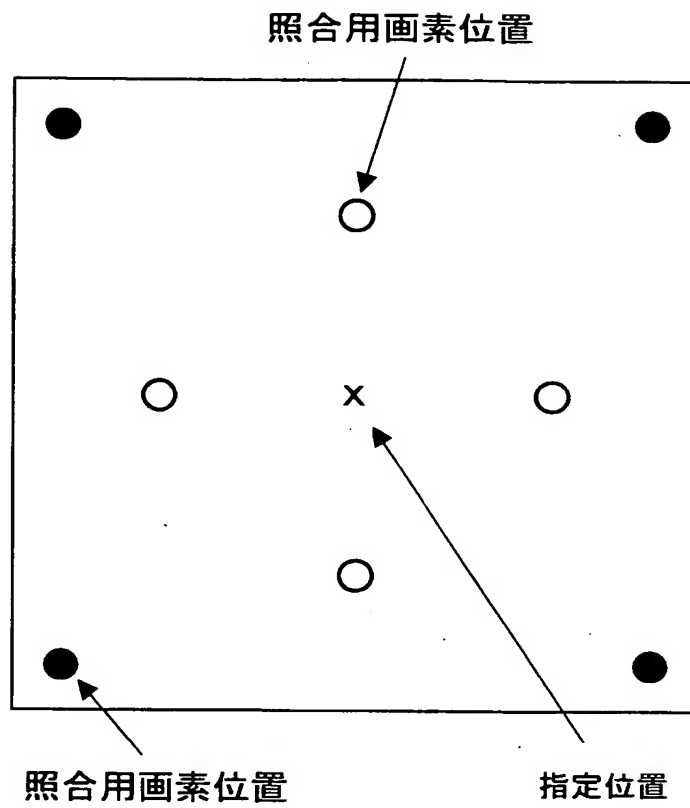
【図 4】



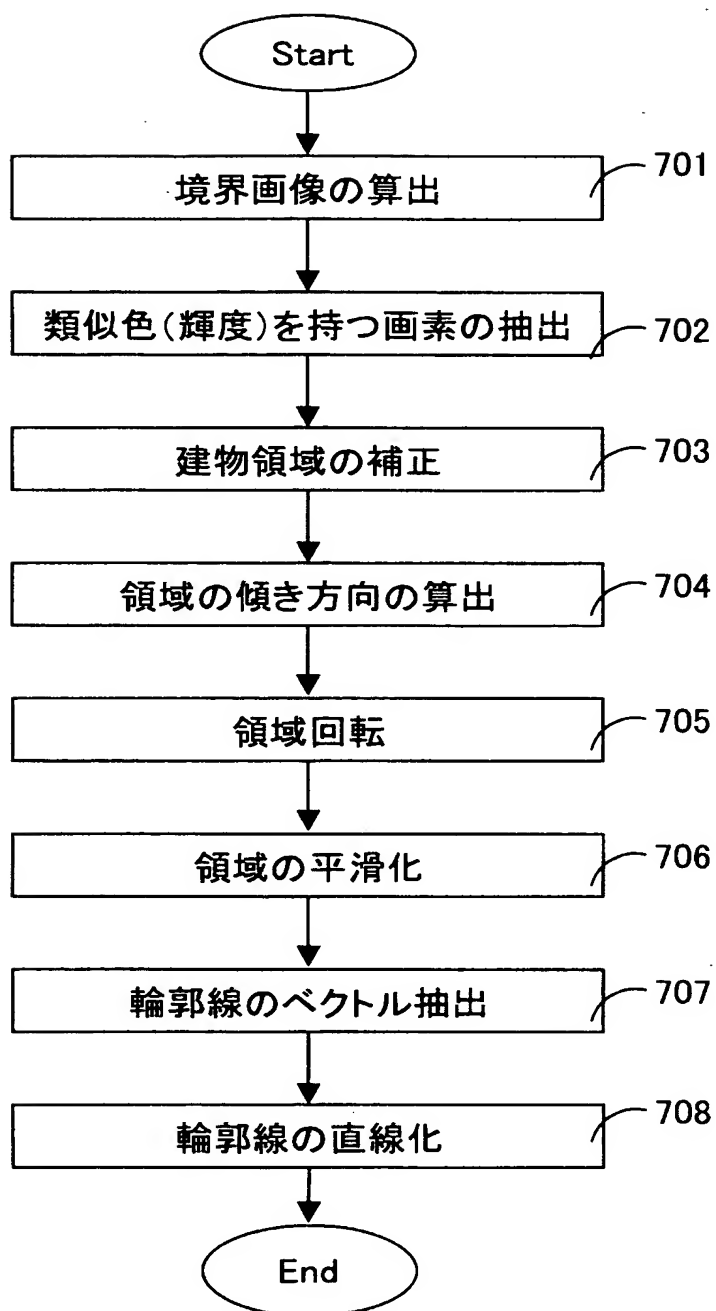
【図 5】



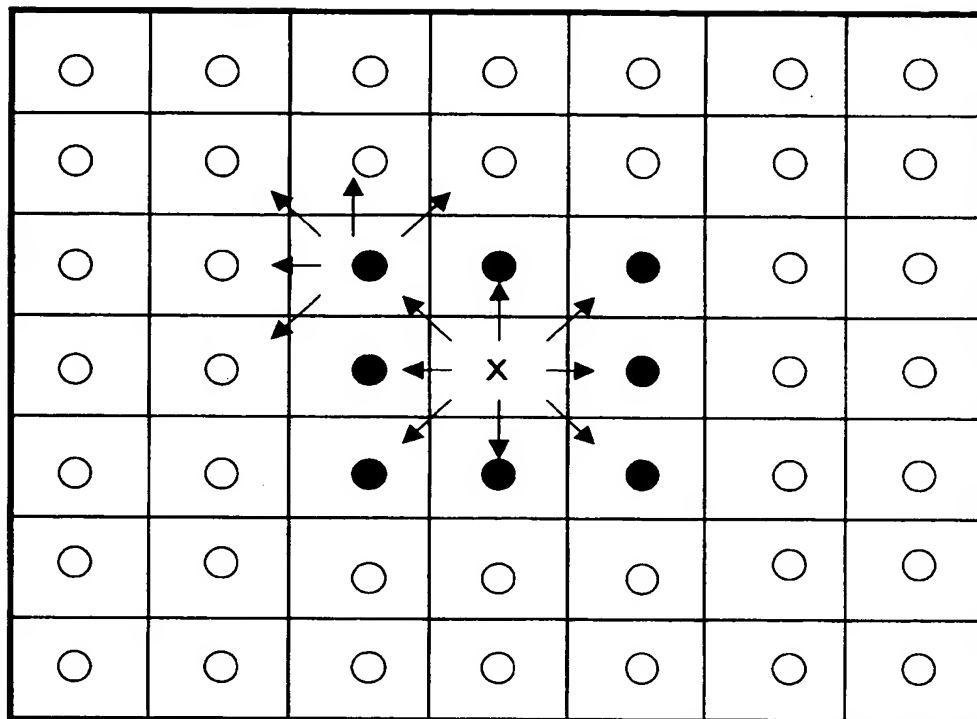
【図 6】



【図 7】



【図 8】

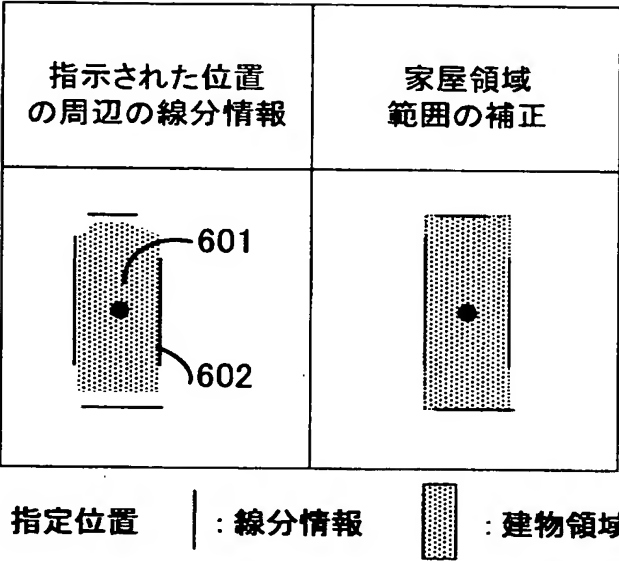


X : 指定位置

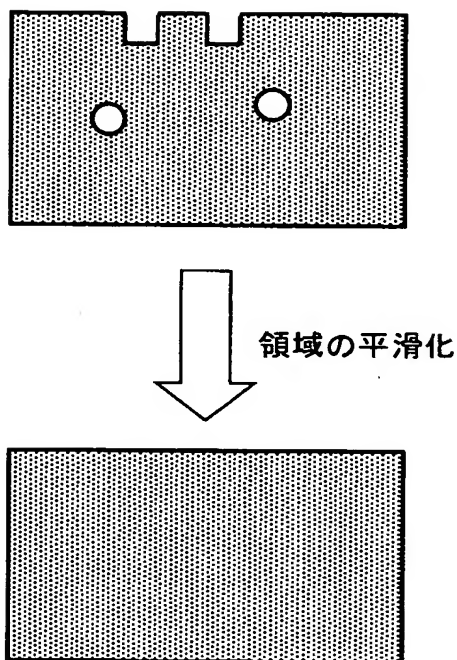
● : 抽出された建物領域の画素

○ : 未知の画素

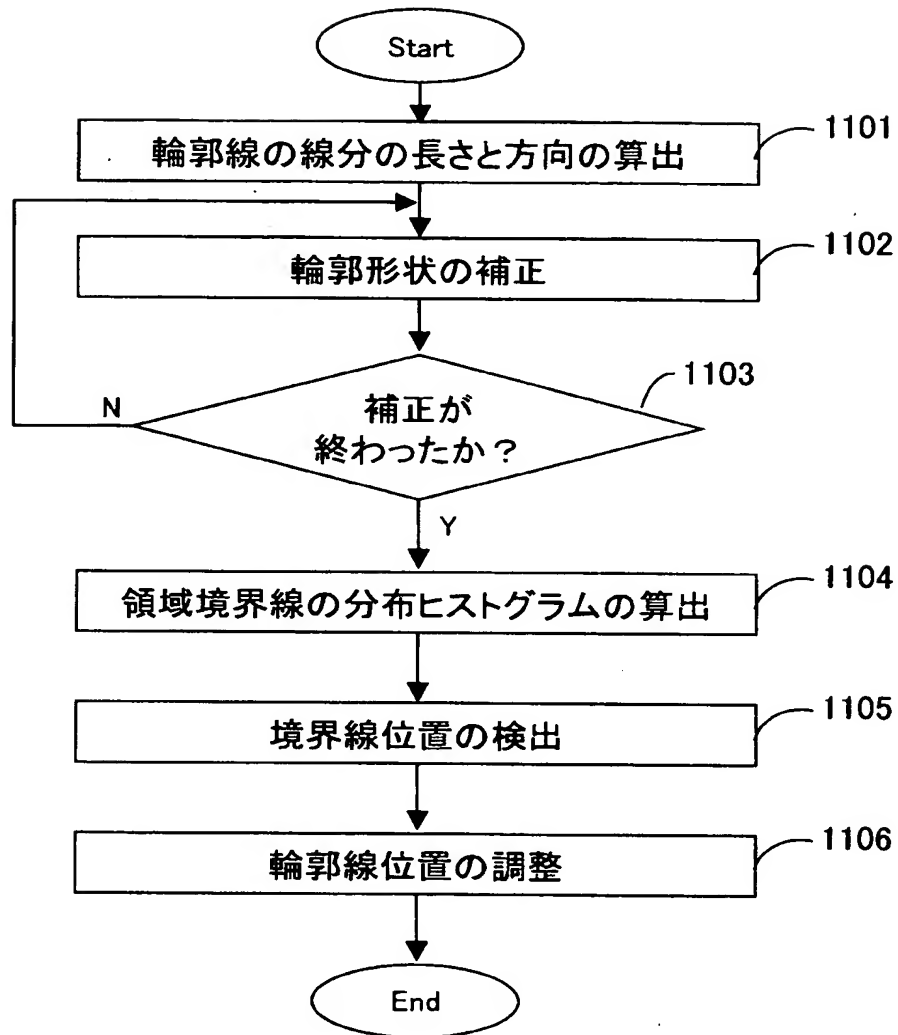
【図 9】




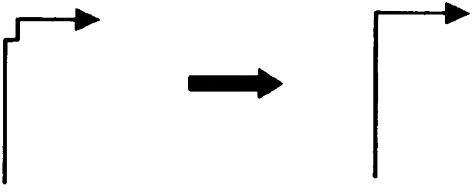
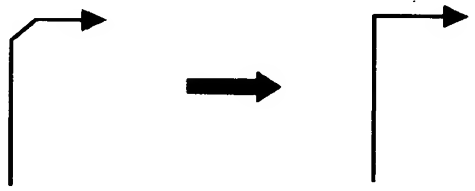
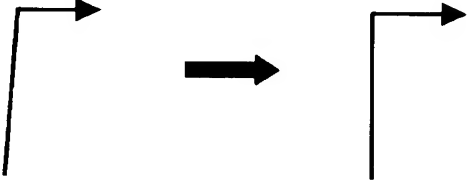
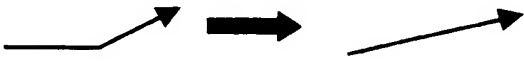
【図 10】



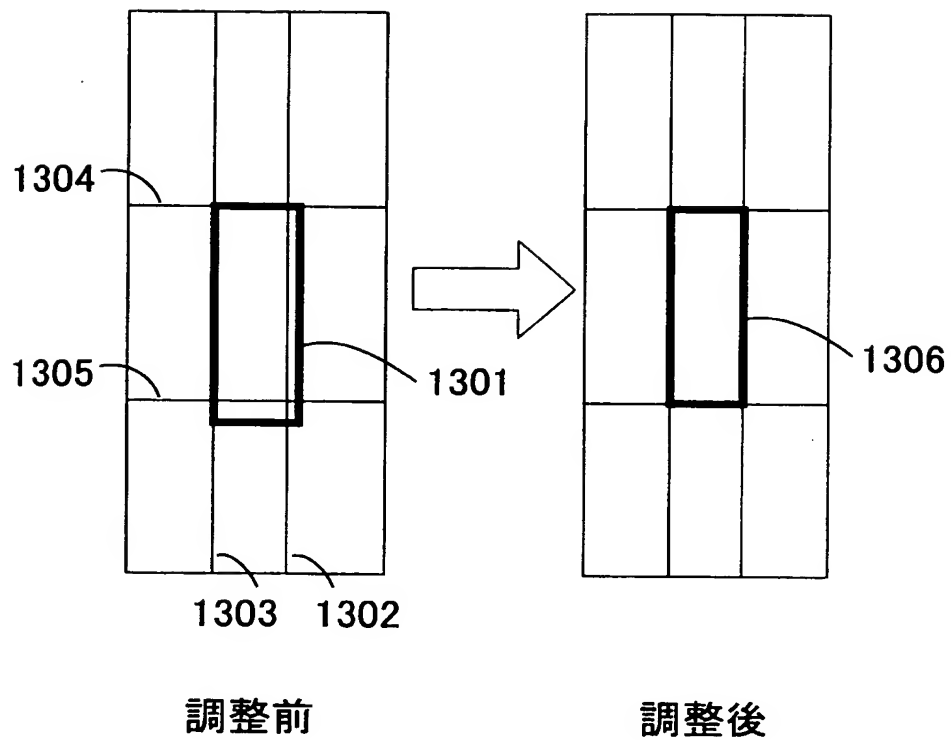
【図 11】



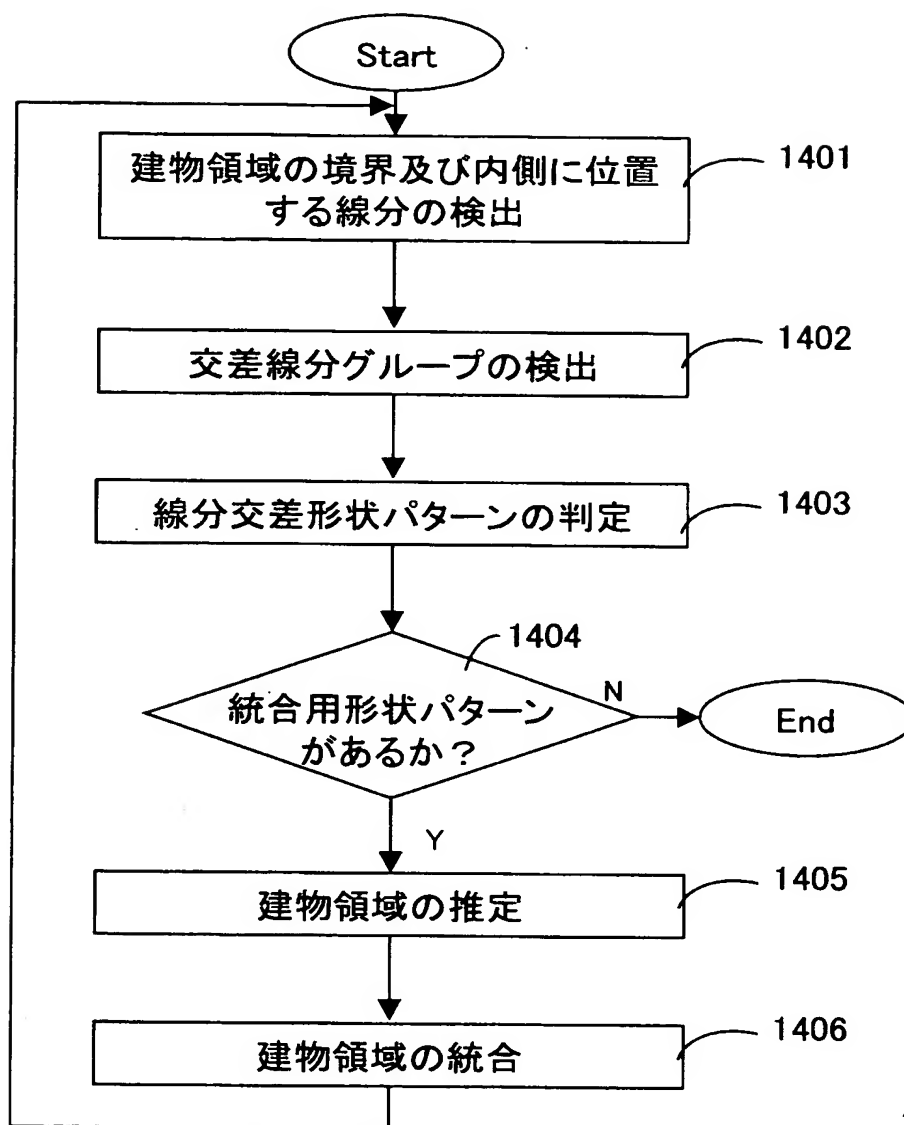
【図 12】

Pattern NO.	形状の微調整
P1	
P2	
	
P4	
P5	

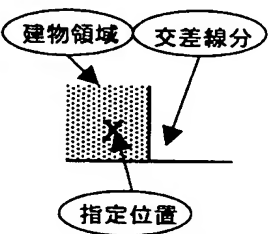
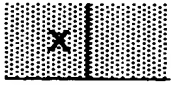


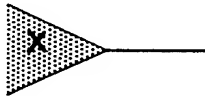
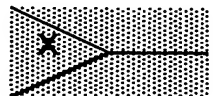
【図 13】



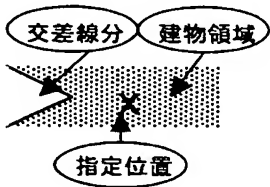





【図 14】



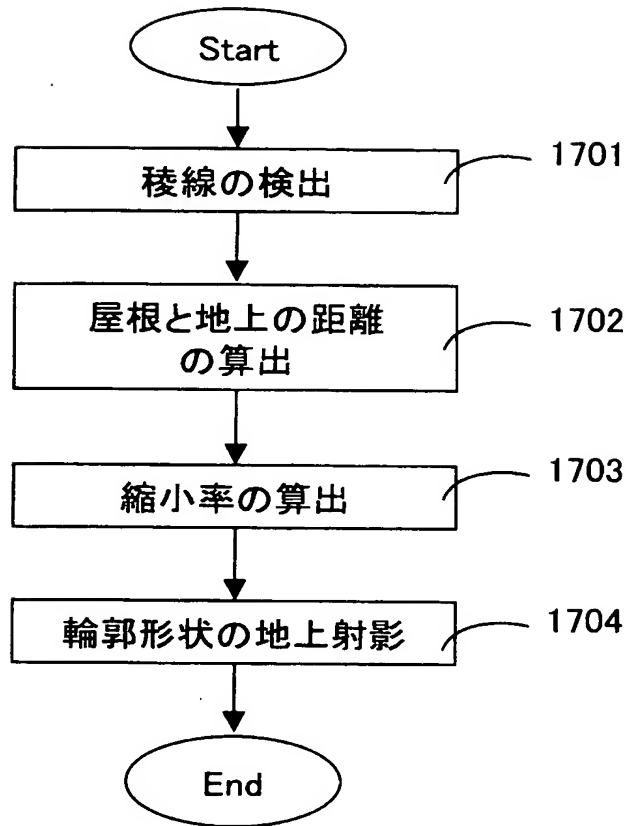
【図 15】

No.	線分交差の 形状パターン	領域統合
T		
X		
Y		

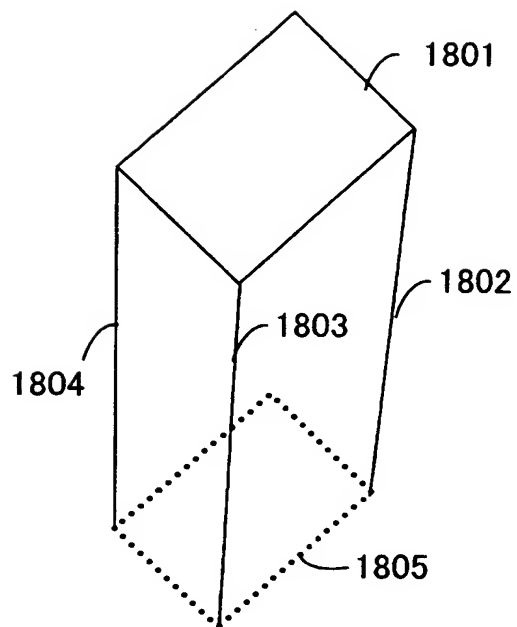
【図 16】

No.	線分交差の 形状パターン	領域統合
V1		
V2		
V3		

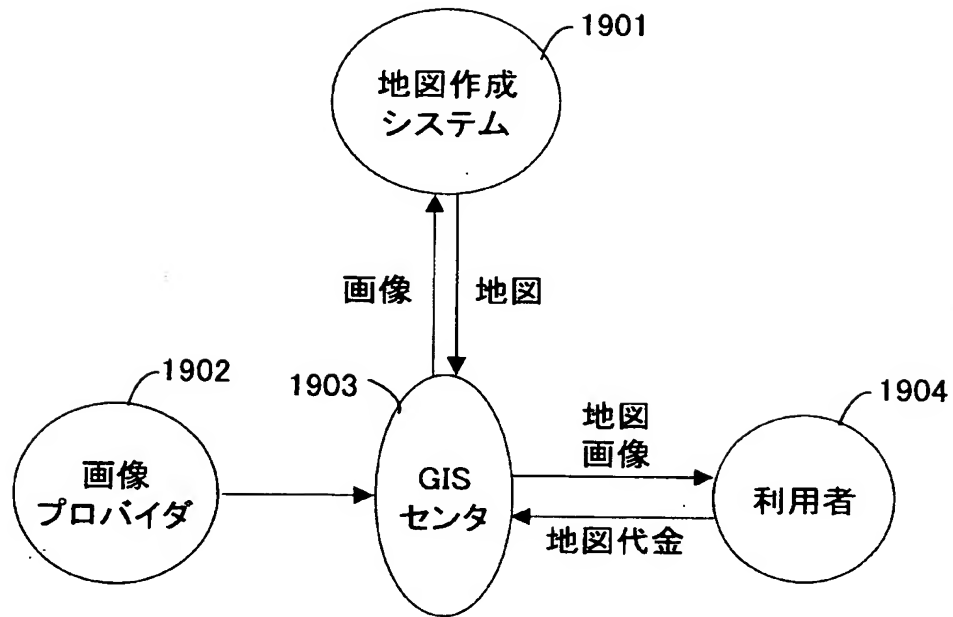
【図 17】



【図 18】



【図 19】



【書類名】 要約書

【要約】

【課題】 広域の画像から複雑な上部構造を持つ建物の輪郭形状を抽出する。

【解決手段】 本発明の地図作成装置は、空中写真画像中に存在する建物中の少なくとも一点の位置の指示を受け付ける画像指示部と、前記指示された位置の周囲の色を判定した結果に基づいて建物領域を抽出し、建物領域の輪郭線を抽出する輪郭抽出部と、前記建物領域の輪郭のベクトルを生成するベクトル形状生成部と、を有する。

【選択図】 図 2

特願 2 0 0 3 - 1 4 0 4 7 2

出 願 人 履 歴 情 報

識別番号

[0 0 0 0 0 5 1 0 8]

1. 変更年月日

1 9 9 0 年 8 月 3 1 日

[変更理由]

新規登録

住 所

東京都千代田区神田駿河台 4 丁目 6 番地

氏 名

株式会社日立製作所

特願 2 0 0 3 - 1 4 0 4 7 2

出 願 人 履 歴 情 報

識別番号

[0 0 0 2 3 3 0 5 5]

1. 変更年月日

1 9 9 0 年 8 月 7 日

[変更理由]

新規登録

住 所

神奈川県横浜市中区尾上町 6 丁目 8 1 番地

氏 名

日立ソフトウェアエンジニアリング株式会社

2. 変更年月日

2 0 0 2 年 1 0 月 1 1 日

[変更理由]

住所変更

住 所

神奈川県横浜市鶴見区末広町一丁目 1 番 4 3

氏 名

日立ソフトウェアエンジニアリング株式会社